

# **COMPORTAMENTO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO CONVENCIONAL POR AGREGADO MIÚDO RECICLADO**

Matheus Lucas Duarte (1), Daiane dos Santos da Silva Godinho (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)matheuslduarte@outlook.com (2) dss@unesc.net

## **RESUMO**

O constante crescimento das obras no país gera um grande acúmulo de resíduos anualmente, sendo isso um grande problema enfrentado pelos construtores. Esse trabalho consiste no estudo da substituição do agregado miúdo convencional pelo agregado miúdo reciclado, sendo esse um dos destinos possíveis para o resíduo existente. Para isso foram moldados corpos de prova com três dosagens diferentes de agregado miúdo reciclado e realizado três ensaios a fim de avaliar a resistência mecânica do concreto. Os ensaios realizados foram: resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e módulo de elasticidade. Os resultados mostraram que o uso de agregado miúdo reciclado no concreto só traz benefícios, e nos três ensaios houve melhores resultados quando comparados ao agregado miúdo convencional, na dosagem onde a relação água-cimento permaneceu constante. Quando houve acréscimo na relação água-cimento na dosagem com 100 % de agregado reciclado os resultados de compressão axial ainda se tornaram superiores, porém os resultados dos outros dois testes foram inferiores. Por isso é necessário uma análise do uso final, e do elemento que será aplicado o agregado miúdo reciclado.

*Palavras-chaves: Agregado miúdo reciclado; agregado miúdo convencional; substituição de agregados.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O alto volume de entulho gerado pelo mercado da construção civil de forma geral está cada vez mais presente, e vem se tornando um grande problema em várias cidades do país. Diversas formas de reuso desse material são

apresentadas, porém ainda existe uma grande barreira cultural para que seja reaproveitado o material de forma eficaz.

Apenas uma em cada cinco obras no país reciclam o resíduo gerado. O Brasil apresenta um total de 84 milhões de metros cúbicos de entulho gerado pela construção civil anualmente, sendo reaproveitado apenas 17 milhões, se todo o resíduo fosse reaproveitado seria possível a construção de aproximadamente 3,7 milhões de casas populares (Globo, 2015).

O uso mais comum dado a esse tipo de material é o reaproveitamento do mesmo através de agregados de diversas granulometrias. Sendo a indústria de reciclagem responsável por esse processo.

É comum observar uma constante preocupação com diretrizes ambientais no que tange o reaproveitamento do material. O conceito de gestão sustentável de resíduos está cada vez mais amparado legalmente, como por exemplo, no Brasil onde a resolução CONAMA 307 já apresenta embasamentos para que seja possível classificar os resíduos e torna-los aproveitáveis em forma de agregado (PEDROZO, 2008).

Dessa forma o CONAMA conceituou o que são os agregados reciclados, segundo a resolução nº 307 de julho de 2002, Art 2º inciso IV:

“Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia”

A simples substituição desse tipo de agregado reciclado pode ser alvo de diversas críticas por especialistas da área, visto que ainda há poucos estudos científicos que comprovam a total viabilidade da introdução desse material, analisando-o de maneira aplicável (custo-benefício).

Essa pesquisa tem como objetivo analisar e comparar o comportamento da resistência mecânica do agregado miúdo reciclado em relação ao agregado miúdo convencional quando incorporado ao concreto.

A análise do comportamento da resistência mecânica do material será feito através de três ensaios:

- Teste de resistência à compressão axial;
- Teste de resistência à tração por compressão diametral;
- Teste de módulo de elasticidade.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAIS

#### 2.1.1 DOSAGENS

O estudo a ser feito baseia-se em três tipos de misturas, a fim de analisar os comportamentos de diferentes dosagens do agregado reciclado, todas elas com traço 1:4, sendo uma das dosagens usada como referência (sem uso de material reciclado) e as demais dosagens serão distribuídas em 50 % de material reciclado e 100 % de material reciclado, conforme Tabela 01.

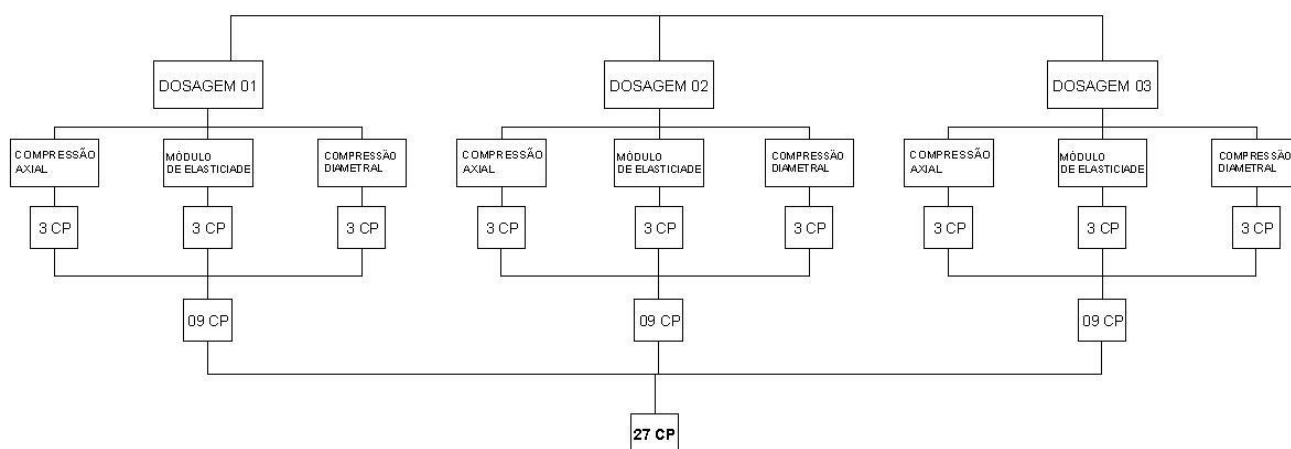
Tabela 01 – Traço das misturas

	RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO	CIMENTO	AGREGADO MIÚDO	AGREGADO GRAÚDO	AGREGADO MIÚDO RECICLADO(AR)/ %
<b>DOSAGEM 01</b>	0,44	1	1,75	2,25	0
<b>DOSAGEM 02</b>	0,44	1	0,875	2,25	0,875/50
<b>DOSAGEM 03</b>	0,57	1	0	2,25	1,75/100

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

De acordo com o Fluxograma 01 é possível observar que para cada dosagem foi necessário moldar 09 corpos de prova, sendo 03 corpos de prova para cada ensaio, a fim de dar credibilidade aos resultados. No total foram ensaiados 27 corpos de prova, distribuídos em três ensaios diferentes.

Fluxograma 01 – Distribuição dos corpos de prova.



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

A quantidade de material utilizado em cada dosagem em kg está exposta na tabela 02. Para o cálculo das quantidades em m<sup>3</sup> foi utilizado como volume inicial 0,00157 m<sup>3</sup> (um corpo de prova) e multiplicado por 9 (quantidade de corpo de prova para cada dosagem). Como massa específica foi utilizado 2300 kg/m<sup>3</sup>, a fim de obter o valor em kg para cada material, e a relação A/C estipulada em 0,44 e 0,57.

Tabela 02 – Material utilizado nas dosagens.

QUANTIDADE DE MATERIAL - TRAÇO 1:4			
MATERIAL	DOSAGEM 01	DOSAGEM 02	DOSAGEM 03
CIMENTO	10,5kg	10,5kg	10,5kg
AREIA CONVENCIONAL	18,38kg	9,19kg	0
AREIA RECICLADA	0	9,19kg	18,38kg
BRITA	23,63kg	23,63kg	23,63kg
ÁGUA	4,62L	4,62L	6,02L
HIPERPLASTIFICANTE	0	0,67 % - 70,35g	1,4 % - 147g

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

O cimento utilizado na dosagem é do tipo Portland CII-F 32. O agregado graúdo será de dimensões e especificações descritas por norma.

### **2.1.2 AGREGADO MIÚDO RECICLADO E AGREGADO MIÚDO DE REFERÊNCIA**

O material miúdo reciclado utilizado foi fornecido pela empresa 3R's Reciclagem de Resíduos da Construção Civil Ltda – Me, sendo este agregado reciclado do tipo A (CONAMA nº 307, Art. 3º)

Segundo CONAMA os agregados reciclados tipo A são definidos como – Art 3º inciso I:

“Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;”

O material coletado apresenta todos os materiais propostos pela resolução.

O material miúdo convencional utilizado como referência foi obtido no centro de pesquisa do Iparque. Os agregados apresentam as seguintes características:

#### **2.1.2.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

O ensaio referente à composição granulométrica dos agregados foi embasado na norma NBR NM 248/2003.

As características referentes à composição granulométrica do agregado reciclado estão expostas na Tabela 03 e 04.

Tabela 03 – Composição granulométrica do agregado miúdo reciclado

PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO		2ª DETERMINAÇÃO		Média (%)	% Média Retida Acumulada
Nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3/8"	9,5	0	0	0	0	0	0
1/4"	6,3	0	0	0	0	0	0
4	4,8	0,2	0,04	0,5	0,10	0,07	0,07
8	2,4	77,6	15,28	56,6	11,25	13,27	13,34
16	1,2	213,5	42,05	217,3	43,19	42,62	55,96
30	0,6	89,5	17,63	100,5	19,98	18,80	74,76
50	0,3	50,7	9,99	50,6	10,06	10,02	84,78
100	0,15	42,9	8,45	42	8,35	8,40	93,18
Fundo	<0,15	33,3	6,56	35,6	7,08	6,82	
TOTAL		507,7	100	503,1	100	100	322,10

MÓDULO DE FINURA: 3,22

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

De acordo com o módulo de finura especificado, foi classificado esse agregado miúdo na zona utilizável superior, a qual varia de 2,90 a 3,50, conforme a NBR 7211/2009.

Tabela 04 – Composição granulométrica do agregado miúdo de referência

PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO		2ª DETERMINAÇÃO		Média (%)	% Média Retida Acumulada
Nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3/8"	9,5	0	0	0	0	0	0
1/4"	6,3	0	0	0	0	0	0
4	4,8	0	0,00	0	0,00	0,00	0
8	2,4	1	0,20	1,3	0,26	0,23	0,23
16	1,2	23,7	4,75	23,5	4,70	4,72	4,95
30	0,6	193,7	38,79	196,7	39,34	39,06	44,02
50	0,3	158,3	31,70	148,8	29,76	30,73	74,75
100	0,15	108,1	21,65	113,1	22,62	22,13	96,88
Fundo	<0,15	14,6	2,92	16,6	3,32	3,12	
TOTAL		499,4	100	500	100	100	220,82

MÓDULO DE FINURA: 2,21

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

## 2.1.2.2 MATERIAL PULVERULENTO

O ensaio referente ao material pulverulento dos agregados foi embasado na norma NBR NM 46/2003.

Os pesos das amostras obtidos nos ensaios estão expostos na Tabela 05 e 06.

Tabela 05 – Peso das amostras

AGREGADO RECICLADO		
AMOSTRA	ESPECIFICAÇÃO	PESO (g)
AMOSTRA 01	Massa inicial (Amostra seca)	200,40
	Massa final (Amostra seca e lavada)	182,90
AMOSTRA 02	Massa inicial (Amostra seca)	200,40
	Massa final (Amostra seca e lavada)	179,90

Tabela 06 – Peso das amostras

AGREGADO CONVENCIONAL		
AMOSTRA	ESPECIFICAÇÃO	PESO (g)
AMOSTRA 01	Massa inicial (Amostra seca)	200,10
	Massa final (Amostra seca e lavada)	198,70
AMOSTRA 02	Massa inicial (Amostra seca)	200,20
	Massa final (Amostra seca e lavada)	198,80

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

O teor do material pulverulento é obtido através da diferença entre a massa inicial e a massa final do agregado, expressa em porcentagem da massa total ensaiada.

O valor em porcentagem do material pulverulento é obtido através da Equação 01

$$m = \left( \frac{mi \times mf}{mi} \right) \times 100 \quad \text{Equação 01}$$

m = porcentagem de material menor que 0,0075 mm contido no agregado;

mi = massa inicial (média das duas amostras);

mf = massa final (média das duas amostras)

De acordo com a fórmula e os dados expostos a porcentagem de material pulverulento presente no agregado miúdo reciclado é de **9,48 %**.

A norma NBR 7211/2009 estabelece um limite de 5 % de material pulverulento a ser aplicado no concreto, logo esse agregado não estaria dentro da norma

para aplicação. É possível observar que esse material apresenta um grande número de material fino.

De acordo com a fórmula e os dados expostos a porcentagem de material pulverulento presente no agregado miúdo de referência é de **0,7 %**.

De acordo com a norma NBR 7211/2009, esse material está dentro do ideal para aplicação em concreto.

### 2.1.2.3 MASSA UNITÁRIA E VOLUME DE VAZIOS

Esse ensaio tem por objetivo determinar a densidade do agregado e o volume de vazios, e é embasado na NBR NM 45/2006. Os dados coletados no ensaio estão expostos na Tabela 07 e 08.

Tabela 07 – Amostras agregado reciclado

DADOS MASSA UNITÁRIA E VOLUME DE VAZIOS				
VOLUME DO RECIPIENTE (m³)	AMOSTRA 01 (g)	AMOSTRA 02 (g)	AMOSTRA 03 (g)	MÉDIA (g)
0,001574962	1671,10	1796,80	1673,20	1713,70

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

Tabela 08 – Amostras agregado de referência

DADOS MASSA UNITÁRIA				
VOLUME DO RECIPIENTE (m³)	AMOSTRA 01 (g)	AMOSTRA 02 (g)	AMOSTRA 03 (g)	MÉDIA (g)
0,001574962	2492,60	2458,70	2506,40	2485,90

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

Para o cálculo da massa unitária foi utilizado a Equação 02

$$Mu = \frac{Mar}{V} \quad \text{Equação 02}$$

Mu= massa unitária;

Mar= massa do agregado;

V= volume do recipiente.



O recipiente utilizado contém um volume de 0,001574962 m<sup>3</sup>, dessa forma a massa unitária do agregado miúdo reciclado é **1088,08 kg/m<sup>3</sup>**.

Para o cálculo de volume de vazios foi utilizado a Equação 03

$$Ev = \frac{(d1 \times dw - dap) \times 100}{d1 \times dw} \quad \text{Equação 03}$$

Ev= índice de volume de vazios, em porcentagem;

d1= massa específica do agregado seco, conforme NM 52;

dw= massa específica da água em kg/m<sup>3</sup>;

dap= massa unitária média do agregado em kg/m<sup>3</sup>.

Conforme os dados obtidos no laboratório e a fórmula apresentada, o índice de volume de vazios do agregado miúdo reciclado é de **99,94 %**.

De acordo com os dados obtidos, o resultado de massa unitária do agregado miúdo de referência é de **1578,38 kg/m<sup>3</sup>**.

#### 2.1.2.4 MASSA ESPECÍFICA

O ensaio referente à massa específica do agregado miúdo reciclado foi realizado de acordo com a NBR NM 52/2009.

Os dados obtidos no ensaio estão expostos na Tabela 09.

Tabela 09 – Dados ensaio massa específica NBR NM 52

DADOS OBTIDOS NO ENSAIO DA MASSA ESPECÍFICA - NBR NM 53			
PESO FRASCO + AGREGADO RECICLADO (g)	PESO FRASCO + AGREGADO RECICLADO + ÁGUA (g)	PESO AGREGADO RECICLADO SECO EM ESTUFA (g)	PESO AGREGADO RECICLADO NA CONDIÇÃO SATURADO SUPERFÍCIE SECA (g)
683,10	953,00	456,40	500,00

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015

Para determinação da massa específica através dessa norma foi utilizada a Equação 04

$$d = \frac{m}{(v - v_a) - \left(\frac{m_s - m}{d_a}\right)}$$

Equação 04

d= massa específica do agregado em g/cm<sup>2</sup>;

m= massa da amostra seca em estufa em g;

v= volume do frasco em cm<sup>3</sup>;

v<sub>a</sub>= volume da água adicionado ao frasco em cm<sup>3</sup>;

m<sub>s</sub>= massa da amostra na condição saturada superfície seca em g;

d<sub>a</sub>= massa específica da água em g/cm<sup>3</sup>.

Considerando os dados obtidos e a fórmula apresentada, o resultado de massa específica é **2,68 g/cm<sup>3</sup>**.

## 2.2 MÉTODOS

Sendo o objetivo inicial do trabalho analisar o comportamento do concreto em relação a suas características mecânicas quando adicionado agregado miúdo reciclado, foram utilizadas todas as metodologias de acordo com as normas vigentes, sendo realizado no total três testes a fim de descobrir a resistência mecânica do material.

Para realização dos testes, foram moldados os corpos de prova e armazenados durante 28 dias, submerso em água não corrente, a fim de evitar retração e apresentar resultados mais confiáveis.

Os corpos de prova foram dimensionados com 10x20 cm, e foram moldados de acordo com a NBR 5738/2015, e atenderam todos os outros requisitos solicitados em norma.

### 2.2.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O ensaio de compressão axial foi realizado de acordo com a NBR 5739/2007, onde prescreve os itens a serem executados para validade do teste.

A força manteve uma velocidade de carregamento de 0,45 MPa/s, e foi cessada quando do rompimento do corpo de prova, e assim medido em MPa os resultados, conforme prescreve a norma.

Figura 01 – Preparação para ensaio de compressão axial



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

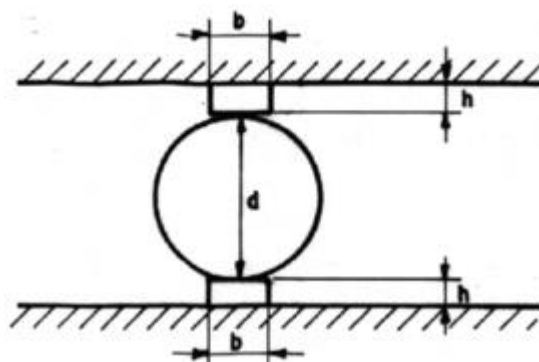
### 2.2.2 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

O ensaio de tração por compressão diametral tem por objetivo medir o esforço máximo de carregamento dos corpos de prova em relação à tração quando aplicados esforços de compressão.

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7222/2010, onde prescreve os itens a serem executados para validade do teste.

Para execução do ensaio, foram colocados chapas duras de fibra de madeira conforme NBR 10024/2012 com dimensões de  $b=0,15$  cm e  $h=0,35$  cm, conforme prescreve norma desse ensaio (Figura 02).

Figura 02 – Detalhe colocação chapas duras de fibra de madeira



Fonte: ABNT NBR 7222/2010.

Através dos resultados obtidos nos ensaios em kN é possível calcular o valor real de resistência em Mpa a partir da Equação 05

$$\sigma_{\text{tração}} = \frac{2P}{\pi D L}$$

Equação 05

L = Altura do corpo de prova;

D = Diâmetro do corpo de prova;

P = Tensão em N.

### 2.2.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE

O ensaio do módulo de elasticidade tem como objetivo averiguar a deformação do corpo de prova em relação à tensão aplicada, em um tempo determinado. Para o ensaio é utilizado 30 % da tensão da carga de ruptura do ensaio de compressão axial.

Para realização do ensaio foram colocados nos corpos de prova transdutores de deslocamento e foram posicionados nos lados opostos às bases.

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 8522/2008, contendo nessa norma todos os itens necessários para a realização do ensaio.

Figura 03 – Ensaio do módulo de elasticidade.



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

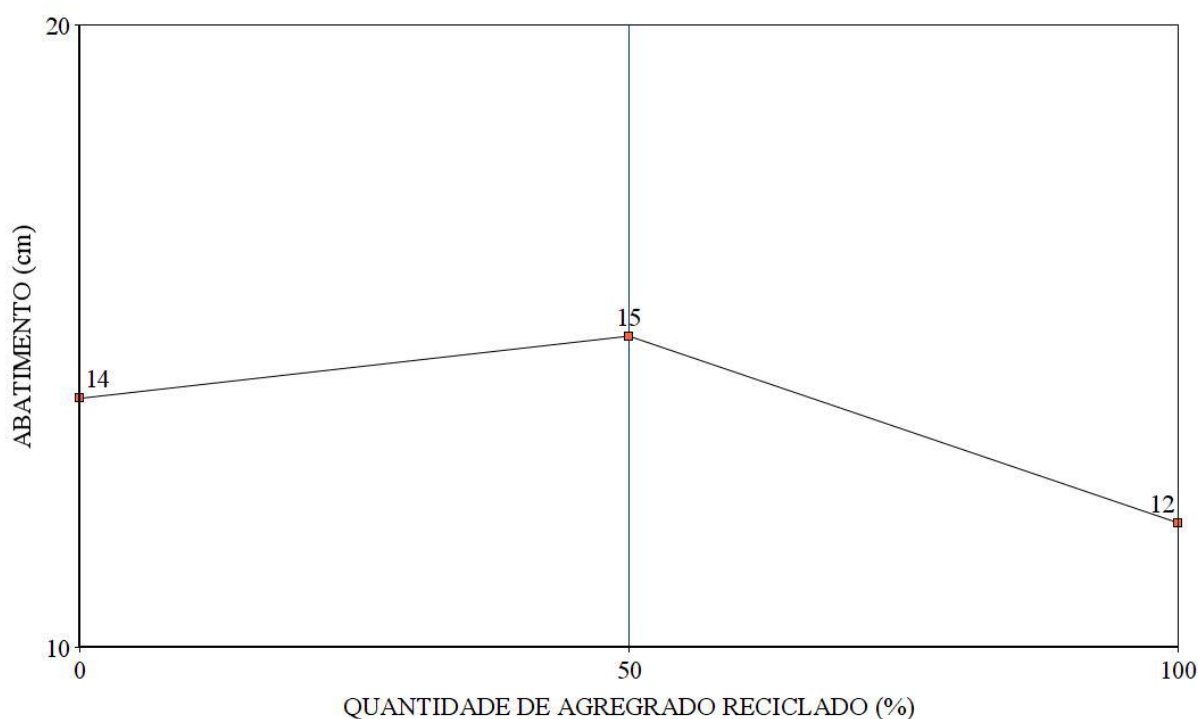
Nesse trabalho foi analisado o comportamento do concreto quando adicionado agregado miúdo reciclado em relação às características mecânicas, comparado ao concreto com agregado miúdo convencional.

Para materializar a pesquisa, foram utilizados os três ensaios já mostrados, e analisado os seguintes resultado:

#### 3.1 ABATIMENTO

O gráfico 01 apresenta os resultados do teste de abatimento, a qual foi executado o ensaio do tronco de cone e os resultados estão expostos a seguir.

Gráfico 01 – Abatimento



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

Na dosagem 01 que foi utilizada como comparativo, onde não se utilizou agregado reciclado, com traço padrão de 1:4, foi possível chegar a um abatimento de 14 cm.

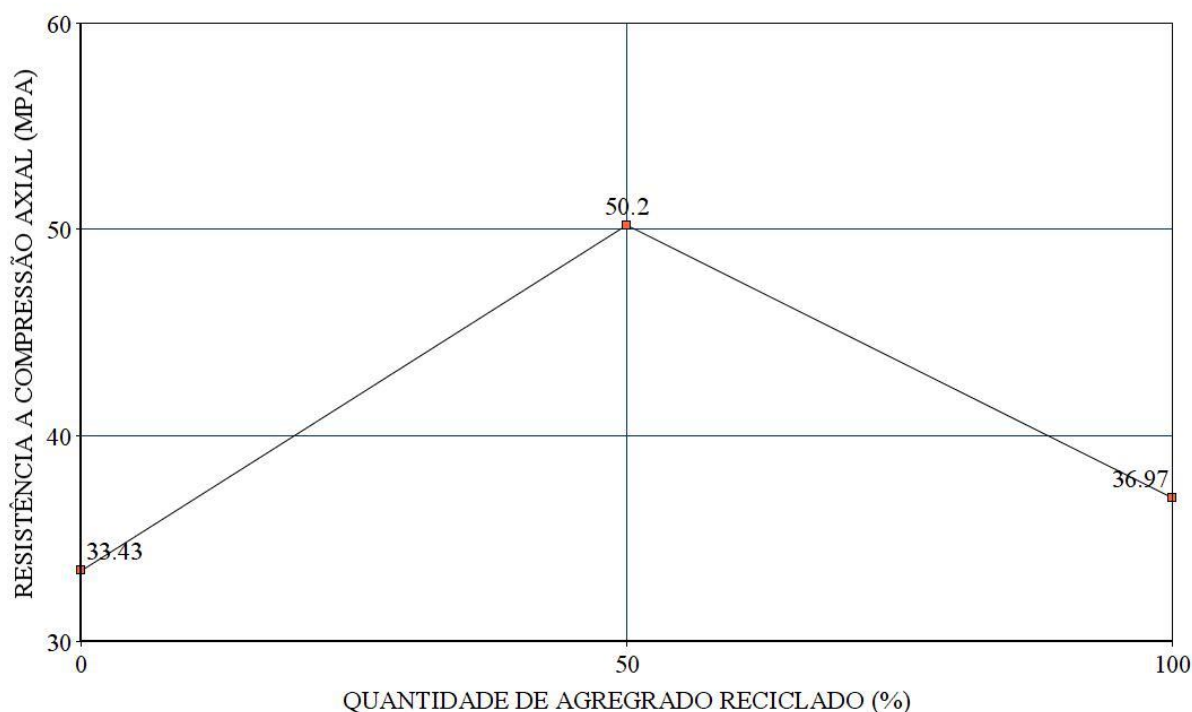
Na dosagem 02 a qual foi utilizado 50 % de agregado reciclado, foi necessário adicionar 0,57 % da mistura de aditivo hiper plastificante da marca RheoSet que foi obtido no laboratório do Iparque, a fim de dar trabalhabilidade a mistura, visto que não seria possível fazer o teste de abatimento sem o uso de aditivos, com isso o abatimento foi de 15 cm.

Na dosagem 03 com 100 % de agregado reciclado foi adicionado 1,4 % da mistura de aditivo hiper plastificante e mais 1,4 litros de água. O agregado reciclado contém índice de vazios elevado, dessa forma ocorreu uma absorção muito elevada de água, logo não foi possível chegar a trabalhabilidade adequada sem adição do hiper plastificante e alteração da relação a/c.

### 3.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O gráfico 02 mostra a média dos três corpos de prova ensaiados em cada dosagem, do ensaio de resistência à compressão axial.

Gráfico 02 – Resistência à compressão axial



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

Com o gráfico 02 é possível verificar que o uso do agregado reciclado aumentou em **50,16 %** a resistência do concreto à compressão axial, quando comparado à dosagem de referência (0 % de AR) com 50 % de agregado reciclado, onde não houve modificação na relação a/c.

Ao observar a dosagem 03 (100 % de AR), é possível ver que mesmo com o aumento da relação água cimento de 0,44 para 0,57 houve um ganho de aproximadamente **10,6 %** de resistência, o que mostra evidentemente que o agregado miúdo aumenta consideravelmente a resistência à compressão axial do concreto.

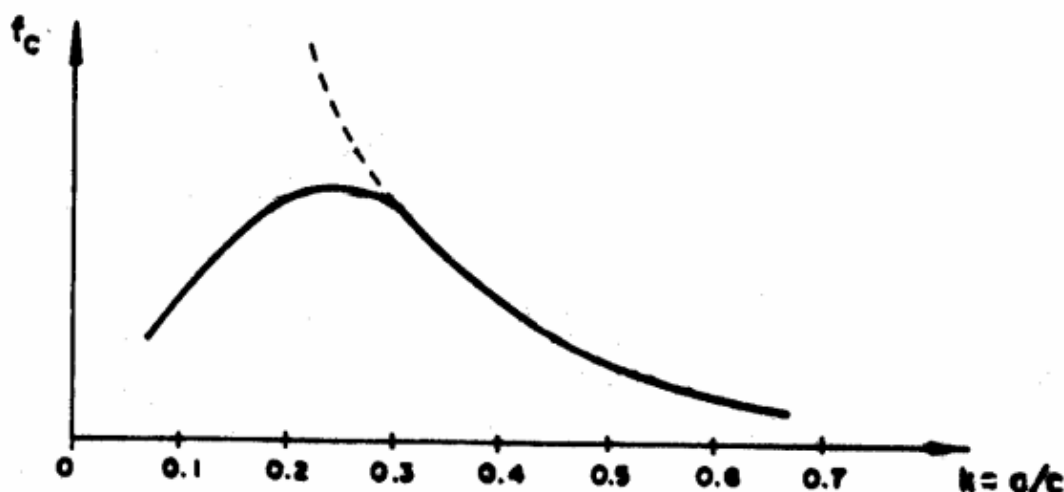
Segundo pesquisa realizada por OLIVEIRA et. al (2007) a substituição de 25 % de agregado miúdo convencional por agregado miúdo reciclado aumentou a resistência à compressão axial do concreto em 2,32 % com 7 dias, quando ensaiado com 28 dias houve um decréscimo na resistência em 1,91 %, porém quando ensaiado aos 56 dias houve novamente um aumento em sua resistência axial de 3,67 %.

Segundo GONÇALVES (2001) o processo de britagem confere ao agregado qualidade específica, gerando diferentes resultados entre pesquisas.

O aumento da água no concreto pode diminuir drasticamente a sua resistência, assim como deixar a mistura mais heterogênea (DULTRA et al., 2014).

Segundo ALMEIDA (2002) a diminuição da resistência à compressão axial está diretamente ligada a relação a/c, de acordo com a Figura 04.

Figura 04 – Relação resistência a compressão axial e relação a/c.



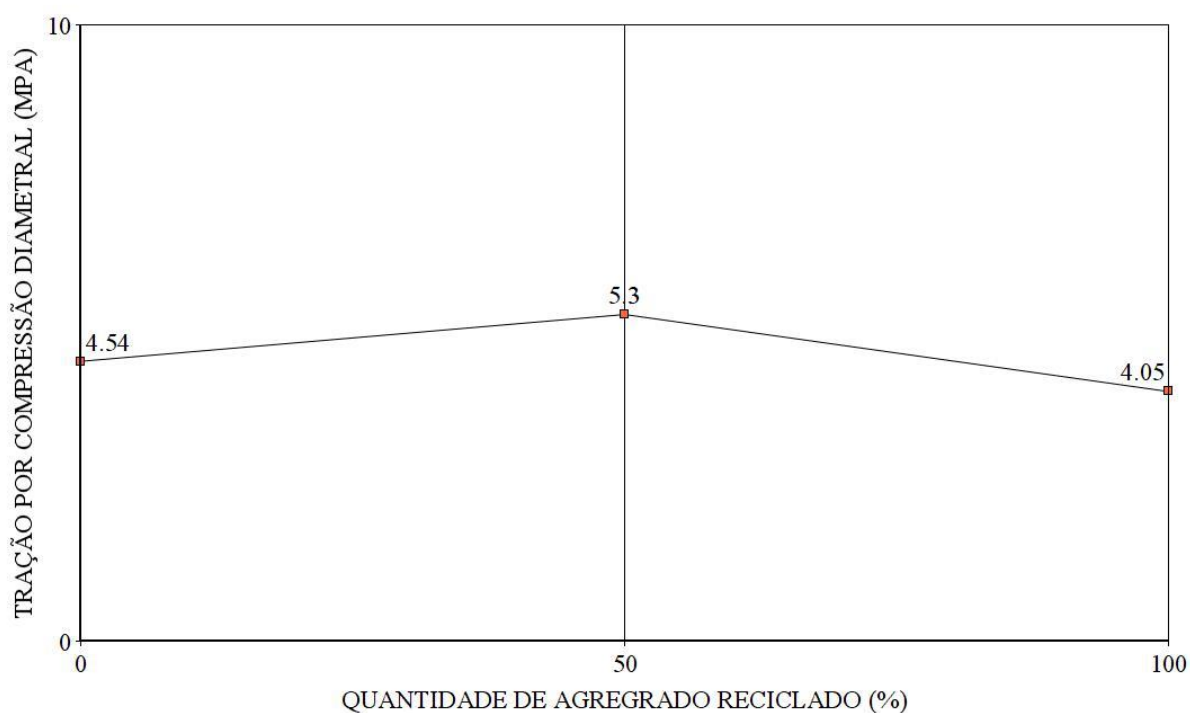
Fonte: ALMEIDA, 2002.

Para tentar explicar esse fato, é possível observar que o material reciclado apresenta grande parcela de finos, com isso se tornou uma estrutura mais densa, preenchendo melhor os vazios.

### 3.3 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

O gráfico 03 mostra a média dos três corpos de prova ensaiados em cada dosagem, do ensaio de resistência à tração por compressão diametral.

Gráfico 03 – Resistência à tração por compressão diametral



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015

Os resultados do rompimento das peças foi o esperado, houve o rompimento no centro dos corpos de prova, conforme Figura 05.



Figura 05 – Rompimento do corpo de prova por compressão diametral



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

Baseado no gráfico 03 é possível analisar que de igual forma à compressão axial o agregado reciclado contribuiu positivamente para a resistência a tração. Na dosagem 03 (100 % de AR) é possível observar que diferentemente da axial, a resistência ficou abaixo da dosagem de referência, com isso é possível concluir que a água tem um papel importantíssimo quando submetido à tração por compressão diametral.

### 3.4 MÓDULO DE ELASTICIDADE

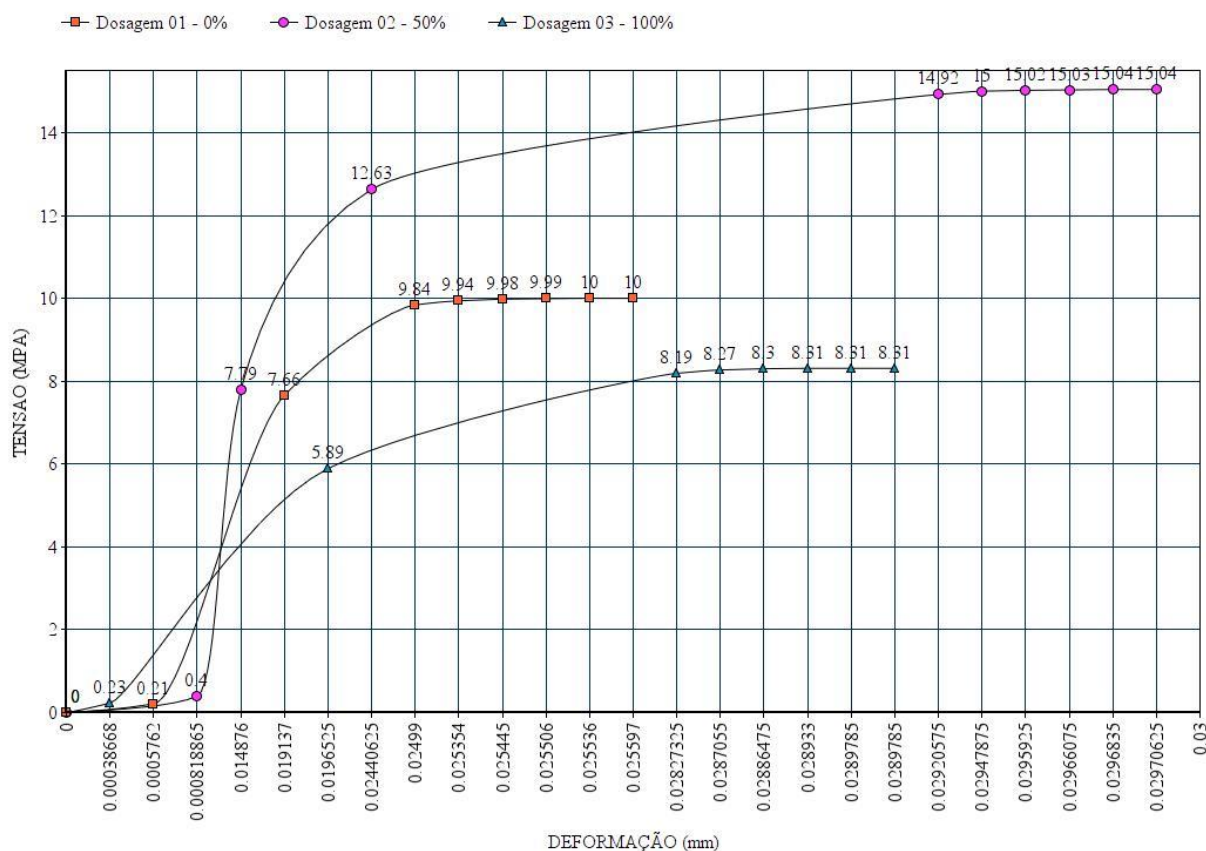
Para os valores obtidos no ensaio do modulo de elasticidade em N, a fórmula utilizada para transformar em Tensão (MPa) está de acordo com a Equação 06 e a partir daí traçar os gráficos para análise.

O gráfico 04 de tensão deformação foi obtido através da média aritmética entre os corpos de prova de cada dosagem, considerando as três dosagens diferentes.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Equação 06

Gráfico 04 – Gráfico tensão x deformação



Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

Os resultados ilustrados no gráfico 04 mostram que o concreto com agregado reciclado e sem alteração na relação a/c (dosagem 02) apresentou melhores resultados. A dosagem com 100 % de agregado reciclado apresentou resultados inferiores à dosagem de referência, possivelmente pelo incremento de água na mistura.

### 3.5 RESUMO DOS ENSAIOS

Na tabela 10 é possível verificar o resumo dos ensaios, classificados do melhor ao pior resultado.

Tabela 10 – Resumo e legenda dos ensaios

TESTE	DOSAGENS		
	0%	50 %	100 %
COMPRESSÃO AXIAL	3	1	2
COMPRESSÃO DIAMETRAL	2	1	3
MÓDULO ELASTICIDADE	2	1	3

**LEGENDA:**

01 - MELHOR RESULTADO
02 - RESULTADO MEDIANO
03 - PIOR RESULTADO

Fonte: Matheus Lucas Duarte, 2015.

É possível analisar que a dosagem 02 a qual contém 50 % de agregado reciclado e não foi alterada a relação água/cimento, apresentou os melhores resultados em todos os ensaios, isso comprova que o agregado miúdo reciclado altera todas as propriedades quando substituído pelo agregado convencional.

Além disso, a relação a/c alterou as propriedades significativamente, uma vez que a terceira dosagem com 100 % do agregado reciclado apresentou os dois piores resultados dos três ensaios realizados.

## 4 CONCLUSÃO

Após analisar e discutir os resultados obtidos nos três ensaios realizados é possível concluir que:

- A substituição do agregado miúdo convencional pelo agregado miúdo reciclado aumenta consideravelmente a resistência à compressão do concreto, mesmo quando aumentada a relação água-cimento.
- A substituição do agregado miúdo convencional pelo agregado miúdo reciclado aumenta a resistência à tração por compressão diametral do concreto, porém quando é aumentada a relação água-cimento essa resistência se mostra abaixo do agregado miúdo convencional.

- A substituição do agregado miúdo convencional pelo agregado miúdo reciclado aumenta o módulo de elasticidade do concreto, porém o aumento da relação água-cimento acompanha o resultado da compressão diametral, mostrando-se inferior ao agregado miúdo convencional.

## 5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Após a realização dessa pesquisa, é possível sugerir outros temas relacionados a esse estudo a qual poderá engrandecer e somar aos resultados aqui encontrados.

- Substituição do agregado miúdo convencional por agregado miúdo de cada elemento encontrado no agregado miúdo reciclado (material cerâmico, concreto e argamassa) com objetivo de identificar o material que mais contribui para os resultados.
- Moldagem de vigas com agregado miúdo reciclado, para teste de flexão da viga e análise dos resultados.
- Moldagem de corpos de prova com diversas dosagens de agregado miúdo reciclado (55 %, 65 %, 75 % 85 %) para análise do ponto ótimo de trabalhabilidade sem alteração da relação água-cimento.
- Análise do custo-benefício do agregado miúdo convencional e aplicação no mercado regional.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz C de. **Universidade Estadual de Campinas**. São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapa dura de fibra de madeira — Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

DULTRA, Eduardo J. V; CARVALHO, Lucas de O.; SUELA, Attawan G. L. **Instituto Federal da Bahia**. Bahia, 2014. Disponível em: <[http://www.portal.ifba.edu.br/attachments/4351\\_56CBC0054.pdf](http://www.portal.ifba.edu.br/attachments/4351_56CBC0054.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2015.

**GLOBO**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:<<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/09/material-e-reciclado-em-uma-cada-cinco-obras-no-brasil.html>>. Acesso em: 10 out. 2015.

**Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2002. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 17 out. 2015.

OLIVEIRA, Danielle et al. **CONNEPI**. Paraíba, 2007. Disponível em:<<http://docplayer.com.br/2014044-Estudo-do-concreto-utilizando-agregado-miudo-reciclado-avaliacao-da-resistencia-mecanica.html>>. Acesso em: 24 out. 2015.

PEDROZO, Ruben F. E. **Repositório UFSC**. Santa Catarina, 2008. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90936/264721.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 out. 2015.

**SANEPAR**. Curitiba, 2011. Disponível em:<[http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-alteracoes-3a-edicao/especificacao\\_basica\\_obras\\_concreto\\_abril\\_2011.pdf](http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mos-alteracoes-3a-edicao/especificacao_basica_obras_concreto_abril_2011.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2015.

GONÇALVES, Rodrigo D. C. **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**. São Paulo, 2001. Disponível em:<[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2001ME\\_RodrigoDantasCasilloGoncalves.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2001ME_RodrigoDantasCasilloGoncalves.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2015.